

УДК 368.021.26

А. А. Лебедева, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. Н. Касаткин, студент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРАХОВОЙ ПРЕМИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРАХОВАНИЯ ЗАПУСКА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

На основе решения задачи оптимизации предложена методика расчета страховой премии при неудачном запуске космического аппарата. Для двух вариантов космических аппаратов определены значения сумм страховых взносов.

**Ключевые слова:** страхование, космические аппараты.

Страхование космических рисков представляет собой относительно новую сферу страхового бизнеса, особенности которой напрямую обусловлены высокотехнологичным и высокорисковым характером космической отрасли. Четкого и конкретного определения понятия «Космическое страхование (страхование космических рисков)» в отечественной практике не выработано. Более того, в законодательно-нормативной базе отсутствует определение понятий «космическое страхование (страхование космических рисков)», «космический риск», что предопределяет довольно широкую их трактовку. Под понятием «космические риски» условно понимают риски, относящиеся к предприятиям космической отрасли.

В качестве объектов страхования космической техники выделяют: спутники (автоматические космические аппараты всех назначений), ракеты-носители, пилотируемые космические корабли, орбитальные станции и др.

В качестве субъектов страхования выделяют: страховщика (страховую компанию), страхователя, выгодоприобретателя.

В практике страхования к космическим рискам относят: риски гибели и повреждения изделий ракетно-космической техники; риски гибели и повреждения объектов космической инфраструктуры; риски от несчастных случаев и профзаболеваний персонала объектов космической инфраструктуры и космонавтов; риски ответственности за ущерб, причиненный имуществу, здоровью и жизни третьих лиц при осуществлении космической деятельности; риски переывов в эксплуатации космических аппаратов.

В комплексе космических рисков рассматриваются также косвенные финансовые ущербы (финансовые риски), возникающие из-за технических неисправностей элементов космических объектов, а также политические риски, которые могут повлечь задержки в реализации космических программ, а иногда и их отмену. Таким образом, страхование космической деятельности – это целая отрасль, объединяющая все виды защиты от рисков, возникающих при осуществлении космической программы в период времени от начала проектирования ракет и спутников до окончания их функционирования на орбите.

Сумма страховой премии при заключении договора:

$$S_{с.п.} = S_{стр} C_{г.п} \frac{П_{стр}}{365},$$

где  $S_{стр}$  – страховая сумма;  $П_{стр}$  – период страхования в днях;  $C_{г.п}$  – ставка годовой страховой премии, являющаяся брутто-ставкой и определяемая зависимостью

$$C_{г.п} = \frac{T_n}{100 - H} \cdot 100 \%,$$

где  $H$  – нагрузка в процентах (обычно принимается от 5 до 40 %).

Нетто-ставка ( $T_n$ ) складывается из убыточности страховой суммы ( $Y$ ) и рискованной надбавки ( $P$ ), которые определяются по формуле

$$T_n = Y + P = \underbrace{\frac{C_b}{S_{стр}} P(A) \cdot 100 \%}_Y + \underbrace{1,2UC_r \sqrt{\frac{1 - P(A)}{nP(A)}}}_P,$$

где  $C_b$  – сумма средней выплаты на один объект;  $P(A)$  – вероятность наступления страхового случая;  $C_r$  – коэффициент гарантии, зависящий от степени предусматриваемой гарантии;  $n$  – число договоров [1].

После оценки страхового риска страховщик определяет страховую сумму, под которой понимается страховая стоимость объекта. Полностью вся страховая сумма выплачивается в том случае, если космический аппарат погиб или стал непригоден для использования. Для страхователя также выгодно получить всю стоимость космического аппарата при невысоких размерах взносов. Этого можно добиться лишь при оптимальных затратах на всех этапах создания космического аппарата, то есть добиться минимальной стоимости космического аппарата.

Таким образом, стоимость аппарата, рассматриваемую в качестве целевой функции, можно представить как

$$C = C_{п.н} + \sum_{i=1}^4 C_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_{п.н}$  – стоимость полезной нагрузки;  $C_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) – значения стоимости фиктивной массы конструкции головной части, первой и второй ступени, аварийной защиты соответственно.

Последние принято рассчитывать в функции соответствующих значений надежности  $H_i$  с привлечением следующей степенной зависимости [2]:

$$C_i = K_i (1 - H_i)^{-\alpha}, \quad (2)$$

где  $K_i$  – коэффициенты пропорциональности.

Условный экстремум целевой функции (1) с учетом соотношений (2) можно найти методом Лагранжа, применив  $\alpha = 0,01$ . Для полученной системы нелинейных уравнений

$$\begin{cases} 0,146H_1(1-H_4)^{1,01} = H_4(1-H_1)^{1,01}, \\ 1,485H_1(1-H_2)^{1,01} = H_2(1-H_1)^{1,01}, \\ 0,108H_1(1-H_3)^{1,01} = H_3(1-H_1)^{1,01}, \\ H_1H_2H_3H_4 = H_K \end{cases} \quad (3)$$

решение можно получить методом Ньютона, варьируя значениями надежности конструкции летательного аппарата  $H_K$  (табл. 1). При надежности косми-

ческого аппарата  $H_K = 0,99999$  получаются оптимальные числовые значения надежностей  $H_i$ .

Таблица 1. Результаты решения системы уравнений (3)

$H_K$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$
0,8000000	0,9456000	0,9560000	0,9363700	0,9451000
0,8500000	0,9653200	0,9776300	0,9384740	0,9597340
0,9000000	0,9887760	0,9989800	0,9396400	0,9699700
0,9900000	0,9994061	0,9996145	0,9931010	0,9978550
0,9990000	0,9998510	0,9999632	0,9993535	0,9998320
0,9999000	0,9999882	0,9999921	0,9999456	0,9999740
0,9999900	0,9999988	0,9999987	0,9999977	0,9999899

Согласно статистическим данным запусков космических аппаратов в России в 2011 г. из 32 запусков успешными были 28. При этом 17 раз запускались космические аппараты, содержащие систему аварийного спасения, и успешными были 16 запусков, то есть вероятность наступления страхового случая для космического аппарата с аварийной системой спасения равна примерно 0,05. Для космических аппаратов без системы аварийного спасения вероятность наступления страхового случая равна 0,134 (два случая гибели из 15 запусков). С учетом этих значений вероятности результаты расчетов страховых взносов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Расчет страхового взноса для космического аппарата с системой аварийного спасения и без таковой

Параметр	Страхование космического аппарата с системой аварийного спасения	Страхование космического аппарата без системы аварийного спасения
Убыточность страховой суммы, %	3,50	9,38
Рисковая надбавка, %	4,20	6,60
Нетто-ставка, %	7,70	15,98
Ставка страхового взноса, %	11,00	22,83
Сумма страхового взноса, руб.	2263948,29	1090820,46
Разница между страховыми взносами, руб.	1173127,83	

**Библиографические ссылки**

1. Сплетухов Ю. А., Дюжигов Е. Ф. Страхование : учеб. пособие. – М. : ИНФРА, 2004. – 312 с.

2. Волков Е. Б., Судаков Р. С., Мырицин Е. Б. Основы теории надежности ракетных двигателей. – М. : Машиностроение, 1974. – 400 с.

A. A. Lebedeva, Kalashnikov Izhevsk State Technical University  
 A. N. Kasatkin, Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**Problem of Determining the Insurance Premium at Organization of Spacecraft Launch Insurance Policy**

A method of calculating the insurance premium in case of the unsuccessful spacecraft launch is proposed on basis of the optimization problem solution. Values of insurance premium are determined for two types of spacecrafts.

**Key words:** insurance, spacecrafts.